

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-026442

(43) Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl.

**H01S 5/028**

H01S 5/22

**H01S 5/343**

(21)Application number : 2000-207229

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 07.07.2000

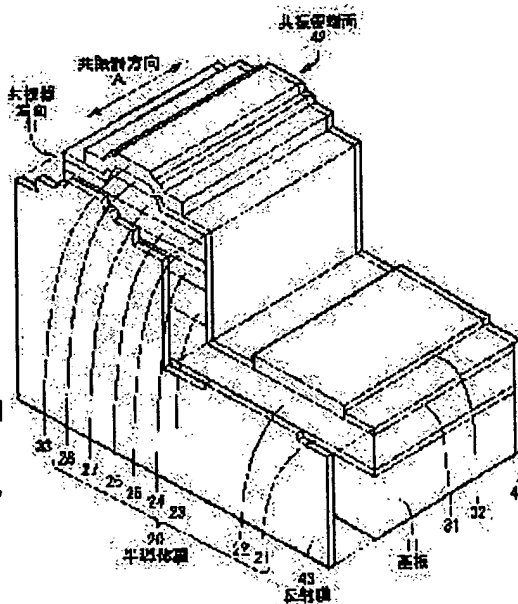
(72)Inventor : TOJO TAKESHI  
UCHIDA SHIRO

**(54) SEMICONDUCTOR LASER**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser the characteristics of which can be improved by suppressing the entrance of stray light from the area of the emitting-side reflecting film corresponding to a substrate.

**SOLUTION:** In this semiconductor laser, n-type semiconductor layers 22-24, an active layer 25, and p-type semiconductor layers 26-28 are successively laminated upon a substrate 11. A pair of opposing resonator end faces 41 and 42 are formed in the direction perpendicular to the direction of lamination, and the emitting-side reflecting film 43 is formed on the end face 41. The refractive index of the film 43 at the oscillation wavelength of laser light is adjusted to an intermediate value between the refractive index and effective refractive index of the substrate 11. Consequently, when the film thickness of the reflecting film 43 is adjusted so that the reflectance of the film 43 in the oscillation region of the laser light may become lower, the reflectance of the film 43 becomes higher in the area corresponding to the substrate 11. Therefore, the stray light entering from the area corresponding to the substrate 11 decreases and the occurrence of noise can be prevented.



## LEGAL STATUS

**[Date of request for examination]**

**30.03.2001**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

**[Date of final disposal for application]**

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the semiconductor laser which is semiconductor laser which has the resonator end face of the pair which counters in the perpendicular direction to that direction of a laminating while having a substrate and the semi-conductor layer by which the laminating was carried out to this substrate, has the reflective film by the side of injection in one [ said ] resonator end face, and is characterized by the refractive index of this reflective film being a value between an effective refractive index and the refractive index of said substrate in the oscillation wavelength of a laser beam.

[Claim 2] Said semi-conductor layer is semiconductor laser according to claim 1 characterized by consisting of a nitride system group III-V semiconductor of at least one sort in 3B group element, and the 5B group elements who contains nitrogen at least.

[Claim 3] Said substrate is semiconductor laser according to claim 1 characterized by consisting of sapphire.

[Claim 4] Said reflective film is semiconductor laser according to claim 1 characterized by including at least one sort in aluminium nitride, a zirconium dioxide, and oxidation silicon nitride.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] The laminating of the semi-conductor layer is carried out to a substrate, and this invention relates to the semiconductor laser in which the resonator end face of the pair which counters in the perpendicular direction to the direction of a laminating was prepared.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, semiconductor laser (laser diode; LD) is used in various optical equipments. Semiconductor laser amplifies the light which generally has the structure which carried out the laminating of the 1st conductivity-type semi-conductor layer, a barrier layer, and the 2nd conductivity-type semi-conductor layer to the substrate one by one, for example, was generated in the barrier layer between the resonator end faces of the pair which counters in a perpendicular direction to the direction of a laminating. While adjusting a reflection factor, the reflective film for protecting a resonator end face is prepared in the resonator end face of this pair in many cases, respectively. Among these, the near reflective film by which a laser beam is mainly injected is adjusted so that a reflection factor may become low, and the reflective film by the side of un-injecting [ of another side ] is adjusted so that a reflection factor may become high.

[0003] Although these reflective film is made into monolayer structure or multilayer structure according to an application, since membrane formation is simple, about the reflective film by the side of injection, it considers as monolayer structure in many cases. For example, in the semiconductor laser which carried out the laminating of the nitride system group-III-V-semiconductor layer to the substrate which consists of sapphire, it is common to make the reflective film by the side of injection into an aluminum oxide (aluminum 2O3) with the refractive index smaller than a nitride system group III-V semiconductor in oscillation wavelength or the monolayer structure of silicon oxide (SiO2).

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however, the refractive index of the reflective film in oscillation wavelength if an aluminum oxide or silicon oxide constitutes the reflective film in this way -- a nitride system group-III-V-semiconductor layer -- receiving -- \*\* -- it will become similarly smaller than the refractive index of a substrate. Therefore, if the thickness of the reflective film is adjusted so that the reflection factor in the field corresponding to a nitride system group-III-V-semiconductor layer may become low as shown in drawing 3, the reflection factor in the field corresponding to a substrate will also become low. In addition, drawing 3 carries out the laminating of the nitride system group-III-V-semiconductor layer on the substrate which consists of sapphire, and expresses the relation between the thickness of the reflective film, and the reflection factor in the wavelength of 400nm about the semiconductor laser in which the reflective film which consists of an aluminum oxide was formed. In drawing 3, a continuous line is a reflection factor in the field corresponding to a substrate, and a broken line is a reflection factor in an oscillation field.

[0005] And since the substrate which consists of sapphire is transparent about oscillation wavelength, when containing and using semiconductor laser into a package, the stray light reflected within the

package will advance into semiconductor laser also from the field of the reflective film corresponding to a substrate, for example. Therefore, the noise occurred by that cause and there was a problem that a property will get worse.

[0006] This invention was made in view of this trouble, the purpose controls that the stray light advances from the field corresponding to a substrate in the reflective film by the side of injection, and it is in offering the semiconductor laser which can improve a property.

[0007]

[Means for Solving the Problem] While the semiconductor laser by this invention is equipped with a substrate and the semi-conductor layer by which the laminating was carried out to this substrate, it has the resonator end face of the pair which counters in the perpendicular direction to that direction of a laminating, and it has the reflective film by the side of injection in one resonator end face, and let the refractive index of this reflective film be a value between an effective refractive index and the refractive index of said substrate in the oscillation wavelength of a laser beam.

[0008] In the semiconductor laser by this invention, if the thickness of the reflective film is adjusted so that the reflection factor in the oscillation field of a laser beam may become low since the refractive index of the reflective film in the oscillation wavelength of a laser beam serves as a value between an effective refractive index and the refractive index of a substrate, the reflection factor in the field corresponding to a substrate will become high. Therefore, the stray light which advances from the field of the reflective film corresponding to a substrate decreases.

[0009]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0010] Drawing 1 expresses the configuration of the semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention. This semiconductor laser is equipped with the semi-conductor layer 20 which is from the nitride system group III-V semiconductor of at least one sort in 3B group element in the short period mold periodic table, and the 5B group elements who contains nitrogen (N) at least on the whole surface side of a substrate 11. This semi-conductor layer 20 has the buffer layer 21 by which the laminating was carried out to order from the substrate 11 side, the n side contact layer 22, n mold cladding layer 23, n mold guide layer 24, the barrier layer 25, p mold guide layer 26, p mold cladding layer 27, and the p side contact layer 28. Among these, the n side contact layer 22, n mold cladding layer 23, and n mold guide layer 24 are n-type-semiconductor layers corresponding to the 1st conductivity-type semi-conductor layer, and p mold guide layer 26, p mold cladding layer 27, and the p side contact layer 28 are p type semiconductor layers corresponding to the 2nd conductivity-type semi-conductor layer.

[0011] The substrate 11 is constituted by the sapphire whose thickness (only henceforth thickness) for example, in the direction of a laminating is 90 micrometers, and the semi-conductor layer 20 is formed in the c-th page of a substrate 11.

[0012] Thickness is 30nm and the buffer layer 21 is constituted by undope-GaN which does not add an impurity. Thickness is 3 micrometers and the n side contact layer 22 is constituted by the n mold GaN which added silicon (Si) as an n mold impurity. Thickness is 1 micrometer and n mold cladding layer 23 is constituted by the n mold AlGaIn mixed crystal which added silicon as an n mold impurity. Thickness is 0.1 micrometers and n mold guide layer 24 is constituted by the n mold GaN which added silicon as an n mold impurity.

[0013] Thickness is 30nm and the barrier layer 25 has the multiplex quantum well structure which carried out the laminating of the  $GaxIn_{1-x}N$  (however,  $1 \geq x \geq 0$ ) mixed-crystal layer from which a presentation differs. At least, that part functions as a light-emitting part, and that luminescence wavelength of this barrier layer 25 is for example, around 400nm.

[0014] Thickness is 0.1 micrometers and p mold guide layer 26 is constituted by the p mold GaN which added magnesium (Mg) as a p mold impurity. Thickness is 0.8 micrometers and p mold cladding layer 27 is constituted by the p mold AlGaIn mixed crystal which added magnesium as a p mold impurity. Thickness is 0.5 micrometers and the p side contact layer 28 is constituted by the p mold GaN which

added magnesium as a p mold impurity. A part of p side contact layer 28 and p mold cladding layer 27 are made band-like [ which was extended in the perpendicular direction A of a resonator to the direction of a laminating of the semi-conductor layer 20 / thin ]. Thereby, in this semiconductor laser, a current constriction is performed and the field corresponding to the p side contact layer 28 functions as a light-emitting part among barrier layers 25.

[0015] Moreover, the width of face of the n side contact layer 22 in a perpendicular direction this semiconductor laser to the direction A of a resonator It is larger than the width of face of n mold cladding layer 23, n mold guide layer 24, a barrier layer 25, p mold guide layer 26, p mold cladding layer 27, and the p side contact layer 28. The laminating of these n mold cladding layer 23, n mold guide layer 24, a barrier layer 25, p mold guide layer 26, p mold cladding layer 27, and the p side contact layer 28 is carried out to a part of n side contact layer 22.

[0016] The insulator layer 31 which consists of a silicon dioxide is formed in the front face of the n side contact layer 22 to the p side contact layer 28. Corresponding to the n side contact layer 22 and the p side contact layer 28, opening is prepared in this insulator layer 31, respectively, and the n lateral electrode 32 and the p lateral electrode 33 are formed corresponding to these openings, respectively on the n side contact layer 22 and the p side contact layer 28. The n lateral electrode 32 has the structure which carried out the laminating of titanium (Ti) and the aluminum (aluminum) one by one, and was alloyed by heat treatment, and is electrically connected with the n side contact layer 22. The p lateral electrode 33 has the structure where the laminating of palladium (Pd), platinum (Pt), and the gold (Au) was carried out one by one, and is electrically connected with the p side contact layer 28.

[0017] Furthermore, this semiconductor laser has the resonator end faces 41 and 42 of the pair which counters in the direction A of a resonator corresponding to the semi-conductor layer 20 and the substrate 11. Among these, the reflective film 43 by the side of injection is formed in one resonator end face 41, and the reflective film 44 by the side of un-injecting is formed in the resonator end face 42 of another side. The reflective film 43 is adjusted so that the reflection factor in the oscillation wavelength in the oscillation field of a laser beam may become low, and the reflective film 44 is adjusted so that the reflection factor may become high. The light generated in a barrier layer 25 and its near is amplified among these reflective film 43 and 44 by this, and a laser beam is mainly injected from the reflective film 43 side. In addition, if compared with the reflective film 43 side also from the reflective film 44, although it is few and a laser beam is injected according to the reflection factor, in this specification, the direction which mainly takes out a laser beam is called injection side, and another side is called un-injecting side.

[0018] The reflective film 43 is constituted including at least one sort in aluminum nitride (AlN), a zirconium dioxide (ZrO<sub>2</sub>), or oxidation silicon nitride (SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>). In the oscillation wavelength (for example, 400nm) of a laser beam, as for this reflective film 43, the refractive index serves as a value between the refractive index of a substrate 11, and an effective refractive index. In addition, an effective refractive index says the average refractive index in the oscillation field of a laser beam. Moreover, although the oscillation field of laser is mainly a barrier layer 25, a part of the field 24 of the near, for example, n mold guide layer, p mold guide layer 26 and also n mold cladding layer 23, and a part of p mold cladding layer 27 are contained.

[0019] With the gestalt of this operation, since the refractive index of the substrate 11 in the wavelength of 400nm is 1.77 and an effective refractive index is 2.5, the refractive index of the reflective film 43 is larger than the refractive index of a substrate 11, and has the value smaller than an effective refractive index, for example. In addition, aluminum nitride is [ 2.13 and the zirconium dioxide of the refractive index in the wavelength of 400nm of the ingredient mentioned above ] 2.07, and oxidation silicon nitride has any value between 1.5-2.07 according to the presentation ratio of oxygen (O) and nitrogen (N).

[0020] When the thickness of the reflective film 43 is adjusted so that the reflection factor in the oscillation field of a laser beam may become low, the refractive index of the reflective film 43 is specified in this way because the reflection factor in the field corresponding to a substrate 11 can be made high and penetration of the stray light can be controlled. When the reflection factor in the value

near the middle of the refractive index of a substrate 11 and an effective refractive index, then the oscillation field of a laser beam serves as the minimal value in the refractive index of the reflective film 43 especially, since the reflection factor in the field corresponding to a substrate 11 can be mostly made into the maximal value, it is desirable.

[0021] Drawing 2 expresses the relation between the thickness of the reflective film 43, and the reflection factor in the wavelength of 400nm. This is a thing at the time of constituting the reflective film 43 by the monolayer of aluminum nitride about the semiconductor laser concerning the gestalt of this operation. In drawing 2, a continuous line is a reflection factor in the field of the reflective film 43 corresponding to a substrate 11, and a broken line is a reflection factor in the field of the reflective film 43 corresponding to the oscillation field of a laser beam.

[0022] Thus, if the refractive index of the reflective film 43 is made into the value between the refractive index of a substrate 11, and an effective refractive index, the relation between the thickness of the reflective film 43 and a reflection factor will become almost opposite in the field and the oscillation field of a laser beam corresponding to a substrate 11. Therefore, if the reflection factor in the oscillation field of a laser beam is made into about 8%, the reflection factor in the field corresponding to a substrate 11 will become large with about 20%. On the other hand, when the reflection factor in the oscillation field of a laser beam is similarly made into about 8% in the example shown in conventional drawing 3, the reflection factor in the field corresponding to a substrate 11 is as small as about 7%. That is, according to the gestalt of this operation, the reflection factor in the field of the reflective film 43 corresponding to a substrate 11 becomes about 3 times over the past, and the effect of the stray light which advances from the field serves as the conventional abbreviation 1/3.

[0023] In addition, although monolayer structure or multilayer structure is sufficient as the reflective film 43, since membrane formation is simple, it is more desirable [ the monolayer structure ]. When the refractive index of the reflective film 43 is set to  $n$  and it sets  $L$  and oscillation wavelength to  $\lambda$  for optical thickness, as for the thickness of the reflective film 43, it is desirable that it is  $\lambda/4n$ .

[0024] Moreover, especially as an ingredient which constitutes the reflective film 43, aluminum nitride is desirable. It is because a coefficient of thermal expansion can reduce the semi-conductor layer 20 and the stress applied to the resonator end face 41 since it is near of the refractive index of a substrate 11, and an effective refractive index for the refractive index of the reflective film 43 in the gestalt of this operation while being able to consider as middle mostly, and degradation can be controlled. Moreover, it is because can also control the rise of the temperature in the resonator end face 41 since thermal conductivity is high, an oxide or oxygen does not contact the resonator end face 41 further, so the optical damage (Catastrophic Optical Damage; COD) by oxidation of the resonator end face 41 can also be prevented.

[0025] On the other hand, the reflective film 44 is made into the multilayer structure (for example, six layers) to which the laminating of for example, the silicon oxide film and the titanium oxide ( $\text{TiO}_2$ ) film was carried out by turns.

[0026] This semiconductor laser can be manufactured as follows, for example.

[0027] first, the substrate 11 which consists of sapphire with a thickness of about 400 micrometers -- preparing -- the c-th page of a substrate 11 -- MOCVD -- by law The buffer layer 21 which consists of undoped-GaN, the n side contact layer 22 which consists of an n mold GaN, n mold cladding layer 23 which consists of n mold AlGaIn mixed crystal, n mold guide layer 24 which consists of an n mold GaN, the barrier layer 25 which consists of GaInN mixed crystal, p mold guide layer 26 which consists of a p mold GaN, Sequential growth of the p side contact layer 28 which consists of p mold cladding layer 27 and the p mold GaN which consist of p mold AlGaIn mixed crystal is carried out.

[0028] In addition, in case MOCVD is performed, as material gas of a gallium, ammonia ( $\text{NH}_3$ ) is used as material gas of trimethylindium ( $\text{CH}_3$ ) (3 In) and nitrogen as material gas of trimethylaluminum ( $\text{CH}_3$ ) (3 aluminum) and an indium as material gas of trimethylgallium ( $\text{CH}_3$ ) (3 Ga) and aluminum, respectively. Moreover, as material gas of magnesium, for example, screw = magnesium cyclopentadienyl (C five H5) (2 Mg) is used, using a mono silane ( $\text{SiH}_4$ ) as material gas of silicon.

[0029] Subsequently, sequential etching of a part of the p side contact layer 28, p mold cladding layer

27, p mold guide layer 26, a barrier layer 25, n mold guide layer 24, n mold cladding layer 23, and n side contact layer 22 is carried out, and the n side contact layer 22 is exposed on a front face. Then, the mask which is not illustrated on the p side contact layer 28 is formed, a part of p side contact layer 28 and p mold cladding layer 27 are alternatively etched using this mask, and the upper part of p mold cladding layer 27 and the p side contact layer 28 are made band-like [ thin ].

[0030] The insulating layer 31 which consists of silicon oxide with vacuum deposition is formed in the whole exposure after it, opening is prepared corresponding to the p side contact layer 28, and the p side contact layer 28 is exposed on a front face. After exposing the p side contact layer 28, opening is formed in the field on the n side contact layer 22 of an insulating layer 31, corresponding to this opening, sequential vacuum evaporation is carried out, titanium (Ti), aluminum (aluminum), platinum, and gold are alloyed, and the n lateral electrode 32 is formed. Moreover, corresponding to the exposed p side contact layer 28, the sequential vacuum evaporation of palladium, platinum, and the gold is carried out, and the p lateral electrode 33 is formed.

[0031] Subsequently, a substrate 11 is ground so that it may become the thickness of about 90 micrometers. After grinding a substrate 11, a substrate 11 is perpendicularly divided by predetermined width of face to the direction A of a resonator, and the resonator end faces 41 and 42 are formed. While forming the reflective film 43 in the resonator end face 41 after it using an ECR (Electron Cyclotron Resonance; electron cyclotron resonance) sputtering system, the reflective film 44 is formed in the resonator end face 42. After forming the reflective film 43 and 44, a substrate 11 is divided by the position in parallel to the direction A of a resonator. Thereby, the semiconductor laser shown in drawing 1 is completed.

[0032] This semiconductor laser acts as follows.

[0033] In this semiconductor laser, if a predetermined electrical potential difference is impressed between the n lateral electrode 32 and the p lateral electrode 33, a current will be poured into a barrier layer 25 and luminescence will take place by electronic-electron hole recombination. This light is reflected and amplified among the reflective film 43 and 44, produces laser oscillation, mainly penetrates the reflective film 43, and is injected outside as a laser beam. For example, when containing and using semiconductor laser into a package, it is reflected in a package, and a part of injected laser beam turns into the stray light, and it returns to semiconductor laser. Here, the refractive index in the oscillation wavelength of the reflective film 43 serves as a value between the refractive index of a substrate 11, and an effective refractive index, and the reflection factor in the field of the reflective film 43 corresponding to a substrate 11 is high. Therefore, the stray light which advances from the field of the reflective film 43 corresponding to a substrate 11 decreases, generating of a noise is controlled, and properties, such as output fluctuation, are improved.

[0034] Thus, according to the semiconductor laser concerning the gestalt of this operation, since it was made for the refractive index of the reflective film 43 to serve as a value between the refractive index of a substrate 11, and an effective refractive index in oscillation wavelength, the reflection factor in the field of the reflective film 43 corresponding to a substrate 11 can be made high, and penetration of the stray light can be controlled. Therefore, generating of a noise can be prevented and a property can be improved.

[0035] If aluminum nitride constitutes the reflective film 43 especially, while being able to make high especially the reflection factor in the field of the reflective film 43 corresponding to a substrate 11, degradation of the resonator end face by the side of the reflective film 41 can be controlled, and the optical damage in the near can also be prevented further.

[0036] As mentioned above, although the gestalt of operation was mentioned and this invention was explained, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned implementation, and is variously deformable. For example, in oscillation wavelength, it has a refractive index between the refractive index of a substrate 11, and an effective refractive index, and as long as it is the ingredient which does not absorb a laser beam, you may make it other ingredients constitute from the gestalt of the above-mentioned implementation, although the example was given and explained about the ingredient which constitutes the reflective film 43.



[0037] Moreover, although sapphire constituted the substrate 11, you may make it other ingredients constitute from the gestalt of the above-mentioned implementation.

[0038] Furthermore, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the case where it had the semi-conductor layer 20 which consists of a nitride system group III-V semiconductor, this invention is applicable also about the semiconductor laser using other semiconductor materials, such as a group III-V semiconductor or an II-VI group compound semiconductor.

[0039] In addition, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although the refractive index of the reflective film 43 in oscillation wavelength was larger than the refractive index of a substrate 11 and the case of being smaller than an effective refractive index was explained, even if the refractive index of the reflective film is smaller than the refractive index of a substrate and it is a larger case than an effective refractive index, the same effectiveness is acquired.

[0040] Furthermore, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although it was made to carry out the laminating of the n side contact layer 22, n mold cladding layer 23, n mold guide layer 24, a barrier layer 25, p mold guide layer 26, p mold cladding layer 27, and the p side contact layer 28 one by one, this invention is applicable about the semiconductor laser which has other structures similarly again. For example, it is not necessary to have n mold guide layer 24 and p mold guide layer 26, and you may have the crystal degradation prevention layer between the barrier layer 25 and p mold guide layer 26. Moreover, it may be made to carry out the current constriction of the p side contact layer 28 according to other structures other than the thin thing it is supposed that it is beltlike. Furthermore, it is good also as semiconductor laser of a refractive-index guided wave mold or a gain guided wave mold.

[0041] In addition, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although the case where a n-type-semiconductor layer was equivalent to the 1st conductivity-type semi-conductor layer, and a p type semiconductor layer was equivalent to the 2nd conductivity-type semi-conductor layer was explained, also when a p type semiconductor layer is equivalent to the 1st conductivity-type semi-conductor layer and a n-type-semiconductor layer is equivalent to the 2nd conductivity-type semi-conductor layer, it is contained in this invention again.

[0042] Furthermore, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the case where the resonator end face 42 of another side was equipped with the reflective film 44 by the side of un-injecting again, you may have the reflective film which has other configurations, and the reflective film does not need to be prepared.

[0043]

[Effect of the Invention] Since the reflective film by the side of injection was made for a refractive index to serve as a value between an effective refractive index and the refractive index of a substrate in the oscillation wavelength of a laser beam according to the semiconductor laser given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 4 as explained above, the reflection factor in the field of the reflective film corresponding to a substrate can be made high, and penetration of the stray light can be controlled. Therefore, generating of a noise can be prevented and the effectiveness that a property is improvable is done so.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a partial decomposition perspective view showing the configuration of the semiconductor laser concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is a property Fig. showing the relation of the thickness of the reflective film and the reflection factor in the semiconductor laser shown in drawing 1.

[Drawing 3] It is a property Fig. showing the relation of the thickness of the reflective film and the reflection factor in the conventional semiconductor laser.

### [Description of Notations]

11 [ -- n side contact layer, ] -- A substrate, 20 -- A semi-conductor layer, 21 -- A buffer layer, 22 23 [ -- p mold guide layer, ] -- n mold cladding layer, 24 -- n mold guide layer, 25 -- A barrier layer, 26 27 [ -- n lateral electrode, 33 / -- 41 p lateral electrode, 42 / -- A resonator end face, 43 / -- The reflective film (injection side), 44 / -- The reflective film (un-injecting side), A / -- The direction of a resonator ] -- p mold cladding layer, 28 -- The p side contact layer, 31 -- An insulator layer, 32

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-26442  
(P2002-26442A)

(43)公開日 平成14年1月25日(2002.1.25)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テーム(参考)
H 0 1 S	5/028	H 0 1 S	5 F 0 7 3
	5/22		
	5/343		

審査請求 有 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-207229(P2000-207229)

(22)出願日 平成12年7月7日(2000.7.7)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 東條 剛

宮城県白石市白鳥三丁目53番地の2 ソニ  
ー白石セミコンダクタ株式会社内

(72)発明者 内田 史朗

宮城県白石市白鳥三丁目53番地の2 ソニ  
ー白石セミコンダクタ株式会社内

(74)代理人 100098785

弁理士 藤島 洋一郎

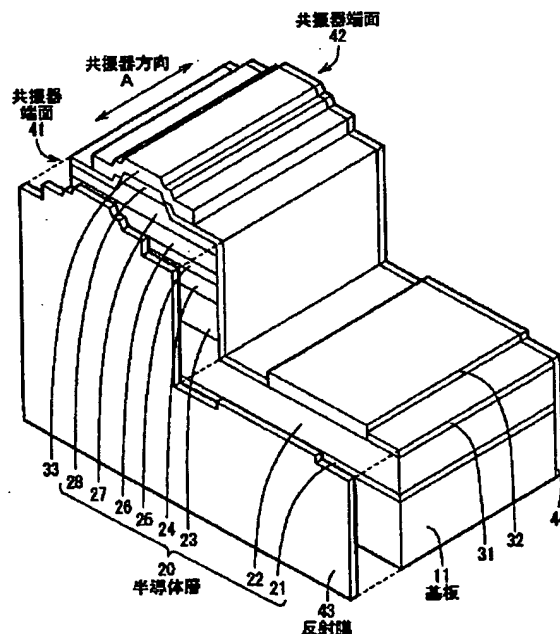
Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA74 AA83 CA07  
CB05 CB07 CB20 DA05 DA33  
DA35

(54)【発明の名称】 半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 基板に対応する射出側の反射膜の領域から迷光が進入することを抑制し、特性を改善することができる半導体レーザを提供する。

【解決手段】 基板11にn型半導体層22~24、活性層25およびp型半導体層26~28が順次積層されている。積層方向に対して垂直な方向には対向する一対の共振器端面41、42が形成されており、共振器端面41には射出側の反射膜43が設けられている。反射膜43は、レーザ光の発振波長における屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となっている。これにより、反射膜43の膜厚をレーザ光の発振領域での反射率が低くなるように調節すると、基板11に対応する領域での反射率が高くなる。よって、基板11に対応する領域から進入する迷光が減少し、ノイズの発生を防止できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、この基板に積層された半導体層とを備えると共に、その積層方向に対して垂直な方向に対向する一対の共振器端面を有する半導体レーザであって、

前記一方の共振器端面に射出側の反射膜を有し、この反射膜の屈折率はレーザ光の発振波長において実効屈折率と前記基板の屈折率との間の値であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記半導体層は、3B族元素のうちの少なくとも1種と5B族元素のうちの少なくとも窒素とを含む窒化物系III-V族化合物半導体よりなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記基板は、サファイアよりなることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記反射膜は、窒化アルミニウム、酸化ジルコニウムおよび酸化窒化ケイ素のうちの少なくとも1種を含むことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板に半導体層が積層され、その積層方向に対して垂直な方向に対向する一対の共振器端面が設けられた半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、様々な光学装置において半導体レーザ(laser diode; LD)が利用されている。半導体レーザは、一般に、基板に第1導電型半導体層、活性層および第2導電型半導体層を順次積層した構造を有しており、例えば、活性層において発生した光を積層方向に対して垂直な方向において対向する一対の共振器端面間で増幅するようになっている。この一対の共振器端面には、反射率を調整すると共に共振器端面を保護するための反射膜がそれぞれ設けられることが多い。このうちレーザ光が主として射出される側の反射膜は反射率が低くなるように調節され、他方の非射出側の反射膜は反射率が高くなるように調節される。

【0003】これら反射膜は用途に応じて単層構造または多層構造とされるが、射出側の反射膜については、成膜が簡便であることから単層構造とされることが多い。例えば、サファイアよりなる基板に窒化物系III-V族化合物半導体層を積層した半導体レーザでは、射出側の反射膜を、窒化物系III-V族化合物半導体よりも発振波長における屈折率が小さい酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )または酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ )の単層構造とするのが一般的である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように反射膜を例えば酸化アルミニウムまたは酸化ケイ素により構成すると、発振波長における反射膜の屈折率

は、窒化物系III-V族化合物半導体層に対してと同じように基板の屈折率よりも小さくなってしまふ。よって、図3に示したように、反射膜の膜厚を窒化物系III-V族化合物半導体層に対応する領域での反射率が低くなるように調節すると、基板に対応する領域での反射率も低くなってしまふ。なお、図3は、サファイアよりなる基板の上に窒化物系III-V族化合物半導体層を積層し、酸化アルミニウムよりなる反射膜を形成した半導体レーザについて、反射膜の膜厚と波長400nmにおける反射率との関係を表したものである。図3において実線は基板に対応する領域での反射率であり、破線は発振領域での反射率である。

【0005】しかも、サファイアよりなる基板は発振波長について透明であるので、例えば、半導体レーザをパッケージ内に収納して用いる場合、パッケージ内で反射された迷光が基板に対応する反射膜の領域からも半導体レーザ内に進入してしまふ。よって、それによりノイズが発生し、特性が悪化してしまふという問題があった。

【0006】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、射出側の反射膜において基板に対応する領域から迷光が進入することを抑制し、特性を改善することができる半導体レーザを提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による半導体レーザは、基板と、この基板に積層された半導体層とを備えると共に、その積層方向に対して垂直な方向に対向する一対の共振器端面を有するものであって、一方の共振器端面に射出側の反射膜を有し、この反射膜の屈折率はレーザ光の発振波長において実効屈折率と前記基板の屈折率との間の値とされたものである。

【0008】本発明による半導体レーザでは、レーザ光の発振波長における反射膜の屈折率が実効屈折率と基板の屈折率との間の値となっているので、反射膜の膜厚をレーザ光の発振領域での反射率が低くなるように調節すると、基板に対応する領域での反射率が高くなる。よって、基板に対応する反射膜の領域から進入する迷光が減少する。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0010】図1は本発明の一実施の形態に係る半導体レーザの構成を表すものである。この半導体レーザは、基板11の一面側に、短周期型周期律表における3B族元素のうちの少なくとも1種と5B族元素のうちの少なくとも窒素(N)とを含む窒化物系III-V族化合物半導体よりなる半導体層20を備えている。この半導体層20は、例えば、基板11の側から順に積層されたバッファ層21、n側コンタクト層22、n型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28を

有している。このうちn側コンタクト層22、n型クラッド層23およびn型ガイド層24は第1導電型半導体層に対応するn型半導体層であり、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28は第2導電型半導体層に対応するp型半導体層である。

【0011】基板11は、例えば、積層方向における厚さ(以下、単に厚さという)が $90\mu\text{m}$ のサファイアにより構成されており、半導体層20は基板11のc面に形成されている。

【0012】バッファ層21は、例えば、厚さが $30\text{nm}$ であり、不純物を添加しないundoped-GaNにより構成されている。n側コンタクト層22は、例えば、厚さが $3\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素(Si)を添加したn型GaNにより構成されている。n型クラッド層23は、例えば、厚さが $1\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素を添加したn型AlGaN混晶により構成されている。n型ガイド層24は、例えば、厚さが $0.1\mu\text{m}$ であり、n型不純物としてケイ素を添加したn型GaNにより構成されている。

【0013】活性層25は、例えば、厚さが $30\text{nm}$ であり、組成の異なる $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ (但し、 $1 \geq x \geq 0$ )混晶層を積層した多重量子井戸構造を有している。この活性層25は、少なくともその一部が発光部として機能するものであり、その発光波長は例えば $400\text{nm}$ 前後である。

【0014】p型ガイド層26は、例えば、厚さが $0.1\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウム(Mg)を添加したp型GaNにより構成されている。p型クラッド層27は、例えば、厚さが $0.8\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウムを添加したp型AlGaN混晶により構成されている。p側コンタクト層28は、例えば、厚さが $0.5\mu\text{m}$ であり、p型不純物としてマグネシウムを添加したp型GaNにより構成されている。p側コンタクト層28およびp型クラッド層27の一部は、半導体層20の積層方向に対して垂直な共振器方向Aに延長された細い帯状とされている。これにより、この半導体レーザでは電流狭窄を行い、活性層25のうちp側コンタクト層28に対応する領域が発光部として機能するようになっている。

【0015】また、この半導体レーザは、共振器方向Aに対して垂直な方向におけるn側コンタクト層22の幅が、n型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28の幅よりも広くなっており、n側コンタクト層22の一部にこれらn型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28が積層されている。

【0016】n側コンタクト層22からp側コンタクト層28の表面には、例えば二酸化ケイ素よりなる絶縁膜

31が形成されている。この絶縁膜31にはn側コンタクト層22およびp側コンタクト層28に対応して開口がそれぞれ設けられており、n側コンタクト層22およびp側コンタクト層28の上には、これらの開口に対応してn側電極32およびp側電極33がそれぞれ形成されている。n側電極32は、例えばチタン(Ti)およびアルミニウム(Al)を順次積層して熱処理により合金化した構造を有しており、n側コンタクト層22と電氣的に接続されている。p側電極33は、例えばパラジウム(Pd)、白金(Pt)および金(Au)が順次積層された構造を有しており、p側コンタクト層28と電氣的に接続されている。

【0017】更に、この半導体レーザは、共振器方向Aに対向する一対の共振器端面41、42を半導体層20および基板11に対応して有している。このうち一方の共振器端面41には例えば射出側の反射膜43が形成され、他方の共振器端面42には非射出側の反射膜44が形成されている。反射膜43はレーザ光の発振領域での発振波長における反射率が低くなるように調節され、反射膜44はその反射率が高くなるように調節されている。これにより、活性層25およびその近傍において発生した光がそれら反射膜43、44の間において増幅され、レーザ光が反射膜43の側から主として射出されるようになっている。なお、反射膜44の方からも反射膜43の側に比べれば少ないもののその反射率に応じてレーザ光が射出されるが、本明細書においては、レーザ光を主として取り出す方を射出側と言い、他方を非射出側と言う。

【0018】反射膜43は、例えば、窒化アルミニウム(AlN)、酸化ジルコニウム( $\text{ZrO}_2$ )または酸化窒化ケイ素( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ )のうちの少なくとも1種を含んで構成されている。この反射膜43は、レーザ光の発振波長(例えば $400\text{nm}$ )において屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となっている。なお、実効屈折率というのは、レーザ光の発振領域における平均的な屈折率を言う。また、レーザの発振領域というのは主として活性層25であるが、その近傍の領域、例えばn型ガイド層24およびp型ガイド層26、更にはn型クラッド層23の一部およびp型クラッド層27の一部なども含まれる。

【0019】本実施の形態では、例えば、波長 $400\text{nm}$ における基板11の屈折率が1.77であり、実効屈折率が2.5であるので、反射膜43の屈折率は、基板11の屈折率よりも大きく、実効屈折率よりも小さい値を有している。なお、上述した材料の波長 $400\text{nm}$ における屈折率は、窒化アルミニウムが2.13、酸化ジルコニウムが2.07であり、酸化窒化ケイ素は酸素(O)と窒素(N)との組成比に応じて1.5~2.07の間で任意の値を有する。

【0020】反射膜43の屈折率をこのように規定する

のは、反射膜43の膜厚をレーザ光の発振領域での反射率が低くなるように調節した場合に、基板11に対応する領域での反射率を高くすることができ、迷光の進入を抑制することができるからである。特に、反射膜43の屈折率を基板11の屈折率と実効屈折率との中間付近の値とすれば、レーザ光の発振領域での反射率が極小値となる時に、基板11に対応する領域での反射率をほぼ極大値とすることができるので好ましい。

【0021】図2は、反射膜43の膜厚と波長400nmにおける反射率との関係を表すものである。これは、本実施の形態に係る半導体レーザについて反射膜43を窒化アルミニウムの単層膜により構成した場合のものである。図2において実線は基板11に対応する反射膜43の領域での反射率であり、破線はレーザ光の発振領域に対応する反射膜43の領域での反射率である。

【0022】このように、反射膜43の屈折率を基板11の屈折率と実効屈折率との間の値とすると、反射膜43の膜厚と反射率との関係は、基板11に対応する領域とレーザ光の発振領域とではほぼ反対になる。よって、レーザ光の発振領域での反射率を例えば8%程度とすると、基板11に対応する領域での反射率は約20%と大きくなる。これに対して、従来の図3に示した例では、同じくレーザ光の発振領域での反射率を8%程度とすると、基板11に対応する領域での反射率は約7%と小さい。すなわち、本実施の形態によれば、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率は従来の3倍近くにもなり、その領域から進入する迷光の影響は従来の約1/3となる。

【0023】なお、反射膜43は単層構造でも多層構造でもよいが、単層構造の方が成膜が簡便であるので好ましい。反射膜43の厚さは、例えば、反射膜43の屈折率を $n$ 、光学的厚さを $L$ 、発振波長を $\lambda$ とすると、 $\lambda/4n$ であることが好ましい。

【0024】また、反射膜43を構成する材料としては、特に窒化アルミニウムが好ましい。本実施の形態においては反射膜43の屈折率を基板11の屈折率と実効屈折率とのほぼ中間とすることができると共に、熱膨張係数が半導体層20と近いので、共振器端面41にかかる応力を低減させることができ、劣化を抑制することができるからである。また、熱伝導率が高いので、共振器端面41における温度の上昇を抑制することもでき、更に、酸化物あるいは酸素が共振器端面41に接触しないので、共振器端面41の酸化による光学損傷(Catastrophic Optical Damage; COD)を防止することもできるからである。

【0025】一方、反射膜44は、例えば、酸化ケイ素膜と酸化チタン( $TiO_2$ )膜とが交互に積層された多層構造(例えば6層)とされている。

【0026】この半導体レーザは、例えば次のようにして製造することができる。

【0027】まず、例えば、厚さ400 $\mu$ m程度のサファイアよりなる基板11を用意し、基板11のc面に、MOCVD法により、undoped-GaNよりなるバッファ層21、n型GaNよりなるn側コンタクト層22、n型AlGaN混晶よりなるn型クラッド層23、n型GaNよりなるn型ガイド層24、GaInN混晶よりなる活性層25、p型GaNよりなるp型ガイド層26、p型AlGaN混晶よりなるp型クラッド層27およびp型GaNよりなるp側コンタクト層28を順次成長させる。

【0028】なお、MOCVDを行う際、ガリウムの原料ガスとしては例えばトリメチルガリウム( $(CH_3)_3Ga$ )、アルミニウムの原料ガスとしては例えばトリメチルアルミニウム( $(CH_3)_3Al$ )、インジウムの原料ガスとしては例えばトリメチルインジウム( $(CH_3)_3In$ )、窒素の原料ガスとしては例えばアンモニア( $NH_3$ )をそれぞれ用いる。また、ケイ素の原料ガスとしては例えばモノシラン( $SiH_4$ )を用い、マグネシウムの原料ガスとしては例えばビス=シクロベンタジエニルマグネシウム( $(C_6H_5)_2Mg$ )を用いる。

【0029】次いで、p側コンタクト層28、p型クラッド層27、p型ガイド層26、活性層25、n型ガイド層24、n型クラッド層23およびn側コンタクト層22の一部を順次エッチングして、n側コンタクト層22を表面に露出させる。続いて、p側コンタクト層28の上に図示しないマスクを形成し、このマスクを利用してp側コンタクト層28およびp型クラッド層27の一部を選択的にエッチングして、p型クラッド層27の上部およびp側コンタクト層28を細い帯状とする。

【0030】そののち、露出面全体に、例えば蒸着法により酸化ケイ素よりなる絶縁層31を形成し、p側コンタクト層28に対応して開口を設け、p側コンタクト層28を表面に露出させる。p側コンタクト層28を露出させたのち、絶縁層31のn側コンタクト層22上の領域に開口を形成し、この開口に対応して、例えば、チタン(Ti)、アルミニウム(Al)、白金および金を順次蒸着し、合金化してn側電極32を形成する。また、露出させたp側コンタクト層28に対応して、例えばパラジウム、白金および金を順次蒸着し、p側電極33を形成する。

【0031】次いで、基板11を例えば90 $\mu$ m程度の厚さとなるように研磨する。基板11を研磨したのち、基板11を共振器方向Aに対して垂直に所定の幅で分割し、共振器端面41、42を形成する。そののち、例えばECR(Electron Cyclotron Resonance; 電子サイクロトロン共鳴)スパッタ装置を用い、共振器端面41に反射膜43を形成すると共に、共振器端面42に反射膜44を形成する。反射膜43、44を形成したのち、基板11を共振器方向Aに対して平行に所定の位置で分割

する。これにより、図1に示した半導体レーザが完成する。

【0032】この半導体レーザは、次のように作用する。

【0033】この半導体レーザでは、n側電極32とp側電極33との間に所定の電圧が印加されると、活性層25に電流が注入され、電子-正孔再結合により発光が起こる。この光は、反射膜43、44の間で反射され、増幅されてレーザ発振を生じ、主として反射膜43を透過してレーザ光として外部に射出される。例えば、半導体レーザをパッケージ内に収納して用いる場合、射出されたレーザ光の一部はパッケージ内において反射され、迷光となって半導体レーザに戻ってくる。ここでは、反射膜43の発振波長における屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となっており、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率が高くなっている。よって、基板11に対応する反射膜43の領域から進入する迷光が減少し、ノイズの発生が抑制され、出力変動などの特性が改善される。

【0034】このように本実施の形態に係る半導体レーザによれば、発振波長において反射膜43の屈折率が基板11の屈折率と実効屈折率との間の値となるようにしたので、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率を高くすることができ、迷光の進入を抑制することができる。よって、ノイズの発生を防止でき、特性を改善することができる。

【0035】特に、反射膜43を窒化アルミニウムにより構成すれば、基板11に対応する反射膜43の領域での反射率を特に高くすることができると共に、反射膜41側における共振器端面の劣化を抑制することができ、更にその近傍における光学損傷も防止することができる。

【0036】以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、反射膜43を構成する材料について具体例を挙げて説明したが、発振波長において基板11の屈折率と実効屈折率との間の屈折率を有し、レーザ光を吸収しない材料であれば、他の材料により構成するようにしてもよい。

【0037】また、上記実施の形態では、基板11をサファイアにより構成するようにしたが、他の材料により構成するようにしてもよい。

【0038】更に、上記実施の形態では、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体よりなる半導体層20を備える場合について説明したが、本発明は、ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体またはⅢⅠ-VⅠ族化合物半導体などの他の半導体材料を用いた半導体レーザについても適用することができる。

【0039】加えて、上記実施の形態では、発振波長に

おける反射膜43の屈折率が基板11の屈折率よりも大きく、実効屈折率よりも小さい場合について説明したが、反射膜の屈折率が基板の屈折率よりも小さく、実効屈折率よりも大きい場合であっても同様の効果が得られる。

【0040】更にまた、上記実施の形態では、n側コンタクト層22、n型クラッド層23、n型ガイド層24、活性層25、p型ガイド層26、p型クラッド層27およびp側コンタクト層28を順次積層するようにしたが、本発明は、他の構造を有する半導体レーザについても同様に適用することができる。例えば、n型ガイド層24およびp型ガイド層26を備えていなくてもよく、活性層25とp型ガイド層26との間に結晶劣化防止層を備えていてもよい。また、p側コンタクト層28を細い帯状とすること以外の他の構造により電流狭窄するようにしてもよい。更に、屈折率導波型あるいは利得導波型の半導体レーザとしてもよい。

【0041】加えてまた、上記実施の形態では、n型半導体層が第1導電型半導体層に対応し、p型半導体層が第2導電型半導体層に対応する場合について説明したが、本発明には、p型半導体層が第1導電型半導体層に対応し、n型半導体層が第2導電型半導体層に対応する場合も含まれる。

【0042】更にまた、上記実施の形態では、他方の共振器端面42に非射出側の反射膜44を備える場合について説明したが、他の構成を有する反射膜を備えていてもよく、また反射膜が設けられていなくてもよい。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の半導体レーザによれば、射出側の反射膜をレーザ光の発振波長において屈折率が実効屈折率と基板の屈折率との間の値となるようにしたので、基板に対応する反射膜の領域での反射率を高くすることができ、迷光の進入を抑制することができる。よって、ノイズの発生を防止でき、特性を改善することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る半導体レーザの構成を表す部分分解斜視図である。

【図2】図1に示した半導体レーザにおける反射膜の膜厚と反射率との関係を表す特性図である。

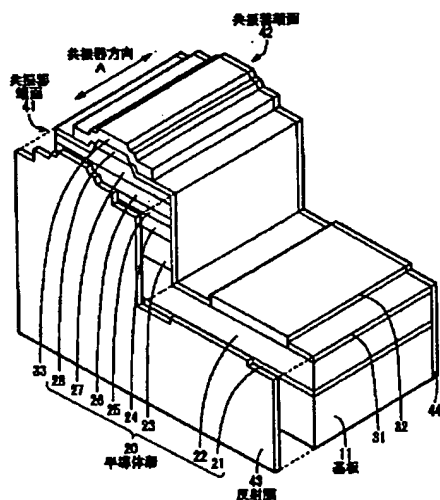
【図3】従来の半導体レーザにおける反射膜の膜厚と反射率との関係を表す特性図である。

【符号の説明】

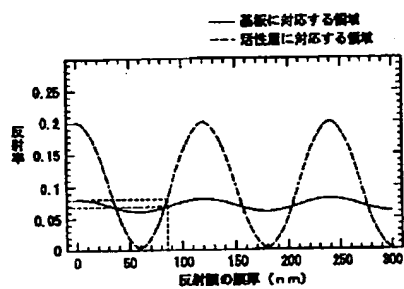
11…基板、20…半導体層、21…バッファ層、22…n側コンタクト層、23…n型クラッド層、24…n型ガイド層、25…活性層、26…p型ガイド層、27…p型クラッド層、28…p側コンタクト層、31…絶縁膜、32…n側電極、33…p側電極、41、42…共振器端面、43…反射膜（射出側）、44…反射膜

(非射出側)、A…共振器方向

【図1】



【図3】



【図2】

